

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ГИБКОГО ПОТОКА РЕМОНТА ВАГОНОВ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Показано переваги поточкових методів виробництва. Розглянуто причини, що впливають на їх недостатнє використання при існуючому ремонті вагонів. Запропоновано подальші шляхи реалізації поточної ідеї у вагоноремонтному виробництві. Дано основні поняття асинхронного гнучкого потоку ремонту вантажних вагонів. Наведено компоновочні рішення організації гнучкого потоку. Представлено методику розрахунку основних параметрів такого потоку.

Показаны преимущества поточных методов производства. Рассмотрены причины, влияющие на их недостаточное использование при существующем ремонте вагонов. Предложены дальнейшие пути реализации поточной идеи в вагоноремонтном производстве. Даны основные понятия асинхронного гибкого потока ремонта грузовых вагонов. Приведены компоновочные решения организации гибкого потока. Представлена методика расчёта основных параметров такого потока.

Advantages of stream methods of production are demonstrated. Causes affecting their insufficient use in existing repair of wagons are considered. Further ways of realization of stream idea in wagon repair activities are suggested. Main notions of asynchronous flexible stream of repair of freight wagons are given. Configuration solutions of the flexible stream organization are presented. The calculation procedure of basic parameters of such a stream is given.

Поточный метод ремонта вагонов используется уже давно [1 – 4]. Этот метод был заимствован из машиностроения, где он первоначально получил широкое распространение [5, 6]. Поточный метод – это не просто одна из форм организации технологического процесса, а закономерный результат эволюции производственных систем. Он является более производительным, т.к. способствует разделению труда и широкому внедрению средств механизации и автоматизации производственных процессов.

Однако в вагоноремонтном производстве на широкое внедрение этого метода оказывают влияние многочисленные случайные факторы, присущие ремонтной среде.

Самая большая проблема, связанная с организацией поточного вагоноремонтного производства в депо, – это синхронизация времени выполнения ремонтных работ на позициях поточной линии. Для соблюдения такта необходимо, чтобы выполнение ремонтных операций на всех позициях оканчивалось одновременно. Вместе с тем, из-за вероятностного характера времени выполнения ремонтных работ, имеющего разброс в широком диапазоне, эта задача не может быть решена в принципе.

Необходимо ещё отметить и такой немаловажный факт, касающийся «классических» поточных линий. Для того, чтобы выполнить внешнее условие поточного производства – заданный ритм линии – исполнителям приходится работать неритмично, создаются авральные

бригады, рабочие перебрасываются с одних позиций на другие, приходится ускорять темп работы, заниматься штурмовщиной и т.п. Нам же видится, что более рациональным решением является такая организация производства, когда в первую очередь именно исполнители работают ритмично на своих рабочих местах (внутренний ритм), а ритм поточной линии (внешний ритм) отодвигается уже на второй план.

Вместе с тем подчеркнём, что альтернативы поточному методу нет.

Поэтому наиболее правильным представляется решение, связанное вообще с отходом от какой-либо синхронизации и с переходом на свободный режим перемещения вагонов.

Согласно [7], «только разнообразие может уничтожить разнообразие». Иными словами, противостоять разнообразию среды, которую ремонтируют, может только разнообразие среды, которая ремонтирует.

Одним из таких решений для среды, которая ремонтирует, является асинхронный гибкий поток. Разнообразие такого потока проявляется в возможности адаптироваться к каждому ремонтируемому вагону. Для каждого отдельного вагона может быть реализован свой индивидуальный такт и свой индивидуальный путь перемещения.

Асинхронный гибкий поток ремонта вагонов (АГПРВ) представляет собой следующий, более эффективный этап в совершенствовании и развитии поточного ремонтного производст-

ва, обладающий громадными потенциальными возможностями. При его создании, однако, требуется использование более точных методов проектирования и расчёта. АГПРВ может быть получен в результате трансформации «классических» поточных линий за счёт изменения их структуры и связей между элементами. АГПРВ имеет более высокий уровень системности по сравнению с существующими поточно-конвейерными линиями (ПКЛ).

АГПРВ позволяет значительно расширить номенклатуру типов ремонтируемых вагонов и осуществить переход от однопредметной специализации (один тип вагона) к многопредметной (несколько типов вагонов и, даже, несколько видов ремонта: деповской, капитальный).

В работе [8] также неоднократно подчёркивается, что в качестве эталонной технологии при новом строительстве вагонных депо необходимо использовать гибкие поточные линии.

Нет сомнения, что в условиях деповского ремонта может быть отремонтирован вагон с любой степенью износа и с любыми повреждениями. Вопрос только в том, сколько потребуется времени для его ремонта. При нормальном темпе работы исполнителей, время на выполнение разных объёмов работ будет также различным. Какой-то вагон будет дольше находиться на позиции, а какой-то – меньше. Для традиционных поточных линий характерна «жесткость» потока. При этом надо учитывать, что жесткий поток очень чувствителен к любым нарушениям установленного такта. «Жесткость» потока свидетельствует о том, что путь движения ремонтируемого вагона заранее predetermined и однозначен (вагоны перемещаются по одному и тому же пути, через одни и те же ремонтные позиции), а, с другой стороны, жесткость потока свидетельствует о том, что должен соблюдаться регламентированный такт (рис. 1). Менее чувствителен к сбою такта полужесткий поток, хотя путь движения вагона для него также predetermined (рис. 2). А ещё менее чувствителен – гибкий поток (рис. 3).

Известно, что перемещение объектов ремонта по позициям потока осуществляется в пространстве и во времени. От этих параметров и структуры потока зависит показатель «жесткости - гибкости» потока (табл. 1). Под структурой потока будем понимать совокупность элементов и связей между этими элементами. В качестве элементов структуры для потоков, представленных на рис. 1 и 2, будут выступать ремонтные позиции, а для потока, показанного на рис. 3, – технологические модули.

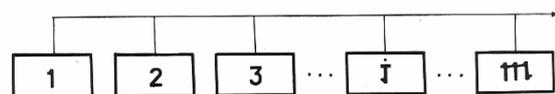


Рис. 1. Структурная схема жёсткого потока

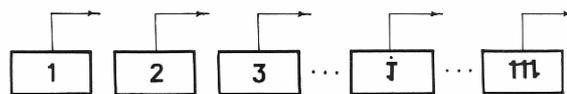


Рис. 2. Структурная схема полужёсткого потока

Вагоноремонтные предприятия, ориентированные на использование АГПРВ, имеют принципиальные отличия от вагоноремонтных предприятий, применяющих «классические» поточные линии [9 – 11].

Дадим основные понятия поточного производства применительно к АГПРВ. К основным понятиям относятся: «поток», «асинхронность», «гибкость», «технологический участок», «технологическая позиция», «ремонтный модуль», «транспортный модуль», «модуль для ожидания», «фронт ремонта», «средний такт».

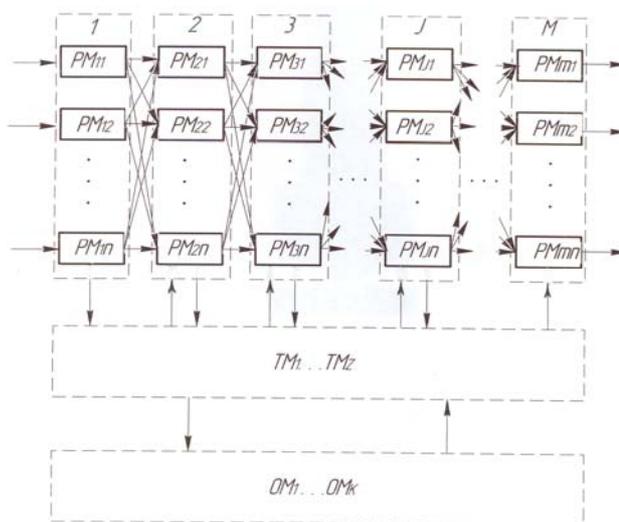


Рис. 3. Структурная схема асинхронного гибкого потока, где PM_{jn} – n -й ремонтный модуль j -й позиции; TM_z – z -й транспортный модуль; OM_k – k -й модуль для ожидания

В общем случае под потоком подразумевается перемещение или передача между элементами системы любого вида ресурса [14]. В нашем случае этим ресурсом являются ремонтируемые вагоны.

Асинхронность потока свидетельствует о том, что вагоны перемещаются с одной позиции на другую не все одновременно, через регламентированные промежутки времени, а поочередно – по мере необходимости и возмож-

ности. Асинхронность – это временной показатель.

Гибкость – это интегральное понятие, затрагивающее технические, технологические, организационные, управленческие аспекты современного производства. В машиностроении и приборостроении под «гибкостью», в первую очередь, подразумевается возможность быстрого перехода к выпуску продукции иного типа-размера (другая модель). В вагоноремонтном же производстве, в виду сильного разброса трудоёмкостей ремонтных операций, каждый очередной вагон – это уже «другая модель». Поэтому здесь при разработке концепции гибкости следует отталкиваться, прежде всего, от гибкости транспортной системы, разрешающей производить многовариантные индивидуальные перемещения вагонов между ремонтными позициями, и от свободного временного режима перемещения вагонов. В общем случае под гибкостью потока необходимо понимать свойство, позволяющее обеспечивать ему эффективное и качественное выполнение ремонтных работ, не изменяя свою организационную структуру.

Таблица 1

Зависимость структуры поточной линии от пространственного и временного параметров

Структура поточной линии	Наименование параметра	
	Путь перемещения вагонов	Время между перемещениями вагонов (такт)
Жёсткая	жёсткая	жёсткая
Полужёсткая	жёсткая	гибкая
Гибкая	гибкая	гибкая

Основное преимущество гибкого потока состоит в том, что транспортная система между позициями организована таким образом, что позволяет перемещать вагон с любого ремонтного модуля j -й позиции на любой ремонтный модуль $(j+1)$ -й позиции.

Под технологическим участком понимается часть территории производственного корпуса, которая предназначена для выполнения отдельного завершённого этапа производственного процесса. На рис. 4 показаны основные технологические участки главного вагоноремонтного корпуса.

Количество производственных участков определяется исходя из технологии ремонта, применяемого крупногабаритного технологического оборудования, специфики работы, категории

производства по взрывопожарной безопасности и т.п.

Участки I, II и III представляют собой разные стадии (этапы) главного потока ремонта вагонов.

Продолжительность выполнения операций на позициях участков I и III носит более стабильный характер, чем на позициях участка II. Поэтому на этих участках может быть организован полужёсткий поток. На участке II, где трудоёмкости ремонтных работ на вагонах могут отличаться друг от друга в широком диапазоне, представляется целесообразным организовать асинхронный гибкий поток.

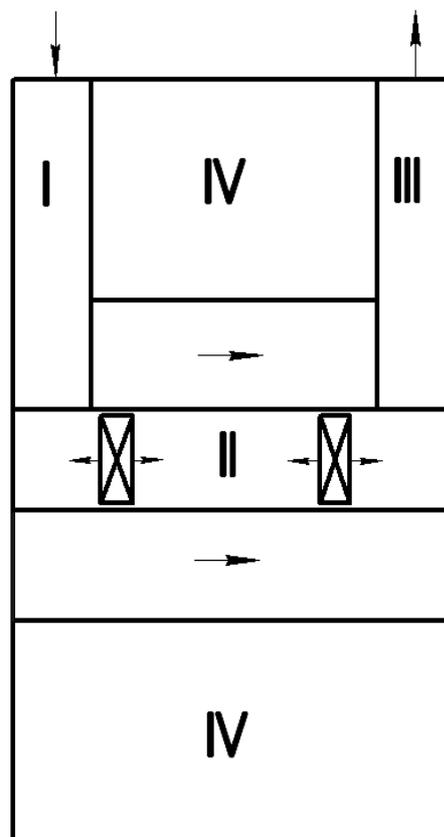


Рис. 4. Компоновка главного вагоноремонтного корпуса, где I – участок подготовки вагонов к ремонту; II – участок ремонта вагонов; III – участок окраски и сушки вагонов; IV – остальные участки и отделения для ремонта узлов и деталей вагонов. (Большими стрелками показано направление движения главного потока ремонта вагонов; маленькими стрелочками показаны возможные направления перемещения трансбордерных тележек)

Таким образом, главный поток ремонта вагонов *ПВ* включает в себя следующие потоки:

ПП – поток подготовки вагонов к ремонту (участок I);

ПР – поток ремонта вагонов (участок II);

ПО – поток окраски вагонов (участок III).

На каждом технологическом участке может быть расположен целый ряд технологических позиций.

Под технологической позицией будем понимать часть технологического участка, специализированного для выполнения строго определённого комплекса технологических операций. Каждая технологическая позиция включает в себя некоторое количество ремонтных модулей.

Перестановка вагонов между технологическими позициями осуществляется при помощи трансбордерных тележек. С увеличением числа позиций увеличивается и число перестановок вагонов. Поэтому для сокращения потерь времени на транспортировку вагонов количество перестановок должно быть как можно меньше, т.е. минимально необходимым.

Все технологические модули, которые входят в структуру потока ремонта вагонов, можно разделить по функциональному назначению на три группы. Первая группа – это ремонтные модули (РМ), на которых непосредственно осуществляется ремонт вагонов. Вторая группа – это транспортные модули (ТМ), которые служат для транспортировки объектов ремонта между остальными модулями. Третья группа – это буферные модули, или модули для ожидания (ОМ), которые служат для выравнивания неравномерности движения объектов ремонта между РМ.

Более подробное описание технологических модулей представлено в работах [12 – 13].

Внедрение АГПРВ требует оригинальных архитектурно-технологических решений, способных обеспечить гибкую связь между ремонтными позициями. При проектировании асинхронного гибкого потока ремонта вагонов, в главном производственном корпусе депо следует выбирать для ремонтных пролётов сетку колонн 24 x 12 м, а для транспортного пролёта – 18 x 12 м. Кроме того, при условии размещения вагонов поперёк пролётов и использовании некоторых дополнительных возможностей такого потока, подлежат корректировке методы расчёта традиционных поточных линий.

Учитывая то, что АГПРВ может одновременно ремонтировать несколько типов вагонов, общая программа ремонта вагонов определяется по формуле:

$$N_B = \sum_{a=1}^p N_a ,$$

где N_a – программа ремонта вагонов a -го типа;

p – количество типов ремонтируемых вагонов.

На одном потоке могут ремонтироваться крытые вагоны, полувагоны, платформы, хоперы, окатышевозы и т.п. Основное требование к ремонтируемым вагонам – схожесть конструкции и соблюдение длины вагона. Длина вагона должна быть не более 15 м (при ширине транспортного пролёта 18 м).

Продолжительность простоя вагона a -го типа в ремонте определяется по формуле:

$$T_a = \sum_{j=1}^m t_{aj} ,$$

где t_{aj} – время простоя вагона a -го типа на j -й позиции, ч;

m – общее количество ремонтных позиций.

Количество ремонтных модулей на j -й ремонтной позиции определяется по формуле:

$$n_j = \frac{\sum_{a=1}^p N_a t_{aj}}{F_H m_{CM}} ,$$

где F_H – номинальный годовой фонд времени работы потока в одну смену, ч;

m_{CM} – количество рабочих смен, $m_{CM} = 2$.

Общее количество ремонтных модулей определяется по формуле:

$$R = \sum_{j=1}^m n_j .$$

Количество модулей для ожидания определяется по формуле:

$$\Omega = R k_o ,$$

где k_o – коэффициент, учитывающий количество модулей для ожидания, $k_o = 0, 10 \dots 15$.

Общее количество технологических модулей определяется по формуле:

$$\Theta = R + \Omega .$$

Все технологические модули располагаются по обе стороны транспортного пролёта. Поэтому общее количество технологических модулей можно ещё определить по формуле:

$$\Theta = D_{П} + D_{Л} ,$$

где $D_{П}$ – количество технологических модулей, расположенных с правой стороны от трансбордера;

$D_{Л}$ – количество технологических модулей, расположенных с левой стороны от трансбордера. Исходя из того, что ширина различных

технологических модулей может быть неодинакова, с разных сторон может быть также неодинаковое количество модулей.

Под фронтом ремонта будем понимать количество вагонов, находящихся одновременно в ремонтных модулях. Фронт ремонта должен быть не более общего количества ремонтных модулей, $\Phi_p \leq R$.

Общее же количество всех вагонов, находящихся на потоке (фронт), определяется по формуле:

$$\Phi = \Phi_p + \Phi_o,$$

где Φ_o – количество вагонов, находящихся в модулях для ожидания, $\Phi_o \leq \Omega$.

Средний такт АГПРВ определяется по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{F_n m_{cm}}{N_B}$$

Средний ритм определяется следующим образом:

$$r_{cp} = \frac{1}{\tau_{cp}}$$

Количество трансбордерных тележек определяется согласно формуле:

$$n_{тр} = \frac{N_{пер} t_{об} k_n}{60 F_d m_{cm} k_n}$$

где $N_{пер}$ – общее количество перемещений вагонов:

$$N_{пер} = N_B S_1 k_{дп},$$

где $k_{дп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные перемещения, связанные с нахождением вагонов в модулях для ожидания, $k_{дп} = 1,08 \dots 1,10$;

S_1 – количество минимально необходимых перемещений одного вагона при помощи трансбордера:

$$S_1 = m - 1;$$

$t_{об}$ – время оборота трансбордера, мин;

k_n – коэффициент, учитывающий неравномерность транспортировки, $k_n = 1,10 \dots 1,20$;

k_n – коэффициент использования трансбордера во времени, $k_n = 0,7 \dots 0,8$;

F_d – действительный годовой фонд времени работы трансбордера в одну смену, ч:

$$F_d = F_n - T_{обсл},$$

где $T_{обсл}$ – время на техническое обслуживание и ремонт трансбордера, составляет 4 % от F_n .

Продолжительность оборота трансбордера определяется по формуле:

$$t_{об} = (t_{загр} + t_{выгр} + t_{тр}),$$

где $t_{загр}$ – время загрузки вагона на трансбордер, $t_{загр} = 3 \dots 4$ мин;

$t_{выгр}$ – время выгрузки вагона с трансбордера, $t_{выгр} = 3 \dots 4$ мин;

$t_{тр}$ – среднее время перемещения трансбордера (в гружённом и порожнем состоянии), мин:

$$t_{тр} = \frac{l_{mn}}{v},$$

где l_{mn} – длина транспортного пролёта, м:

$$l_{mn} = \sum_{i=1}^{\omega} d_i,$$

где ω – максимальное количество модулей, расположенных с одной из сторон транспортного пролёта, $\omega = \max \{D_n, D_l\}$;

d_i – ширина i -го технологического модуля, которая зависит от размеров применяемого технологического оборудования и величины шага колонн, $d_i = 6 \dots 9$ м;

v – средняя скорость перемещения трансбордера, $v = 50 \dots 60$ м/мин.

Количество трансбордеров должно быть не менее двух, $n_{тр} = 2$.

Общее количество возможных вариантов (путей) перемещения вагона через ремонтные модули АГПРВ определяется по формуле:

$$S_{II} = \prod_{j=1}^m n_j.$$

Для полужёсткого потока $S_{I,III}$ определяются количеством используемых путей ($S = 2$, если два пути, $S = 3$, если три пути и т.д.).

Общее количество возможных вариантов перемещения вагона через все позиции главного потока ремонта вагонов определяется по формуле:

$$S_{общ} = S_I \cdot S_{II} \cdot S_{III}.$$

Представленный расчёт основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов не учитывает вероятностный характер вагоноремонтного производства и может быть использован только для предварительных работ на стадии разработки ТЭО. Дальнейшие разработки (на стадии технического проекта) должны производиться с учётом обязательного использования имитационного моделирования работы АГПРВ на ЭВМ. В качестве

математических моделей функционирования вагоноремонтных гибких потоков могут быть использованы схемы кусочно-линейных агрегатов [12 – 13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скиба, И. Ф. Поточный метод ремонта вагонов на заводах [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 247 с.
2. Скиба, И. Ф. Экономическая эффективность новой техники, организации и технологии ремонта вагонов [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Транспорт, 1964. – 243 с.
3. Скиба, И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ёжиков. – М.: Транспорт, 1988. – 295 с.
4. Гридюшко, В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, Н. З. Криворучко. – М.: Транспорт, 1982. – 136 с.
5. Берман, А. Г. Ритмичность производства в машиностроении и приборостроении (организационно-экономические вопросы) [Текст] / А. Г. Берман. – Л.: Машиностроение, 1974. – 296 с.
6. Кузин, Б. И. Организация поточного производства в условиях научно-технического прогресса машиностроения [Текст] / Б. И. Кузин. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с.
7. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику [Текст] / У. Р. Эшби. – М.: Изд-во ин. лит., 1959. – 432 с.
8. Вагонное хозяйство [Текст] / П. А. Устич и др.; под ред. П. А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.
9. Мямлин, В. В. Использование ЭВМ для анализа функционирования различных поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Железнодорожный транспорт. Серия «Вагоны и вагонное хозяйство». Ремонт вагонов. – Вып. 1. – М.: ОИ/ЦНИИ ТЭИ МПС, 1989. – С. 1-11.
10. Мямлин, В. В. Совершенствование поточного метода ремонта вагонов за счёт гибкости транспортной системы между технологическими модулями [Текст] / В. В. Мямлин // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 15-17.
11. Мямлин, В. В. Повышение эффективности поточного метода ремонта вагонов путём использования специальных архитектурно-технологических решений, обеспечивающих гибкую связь между позициями [Текст] / В. В. Мямлин // Проблемы и перспективы развития вагоностроения: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (Брянск, 09-10.10.2008). – Брянск, 2008. – С. 76-78.
12. Мямлин, В. В. Использование теории кусочно-линейных агрегатов для формализации работы ремонтных модулей поточной вагоноремонтной линии с гибкой транспортной системой [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 44-48.
13. Мямлин, В. В. Схема кусочно-линейного агрегата как математическая модель функционирования технологических модулей асинхронного гибкого потока ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 18-22.
14. Иванищев, В. В. Автоматизация моделирования поточных систем [Текст] / В. В. Иванищев. – М.: Наука, 1986. – 142 с.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.